

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-214937 (Prior Application 6)

(43)Date of publication of application : 10.08.2001

(51)Int.Cl.

F16C 33/32
C04B 35/00
C04B 35/48
// G11B 19/20

(21)Application number : 2000-026151

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 03.02.2000

(72)Inventor : IKEDA ISAO
TAKENAMI YUKIHIRO
TAKAO MINORU
TONAI HIROYOSHI

(54) ZIRCONIUM OXIDE BEARING BALL, BEARING MEMBER USING IT, AND MOTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a bearing ball dispensing with any failure caused by static electricity and providing a stable high-speed rotation with reliability in applying it to a bearing member for an electronic device such as a hard disk drive, and to provide the bearing member using it and a motor device.

SOLUTION: This zirconium oxide bearing ball includes carbide from one kind of a conductivity applied member, for example 4a group, 5a group, 6a group, and 7a group elements. The content or the maximum diameter of the conductivity applied member on the surface of the bearing ball is controlled so that the electrical resistivity is controlled, the failure caused by the static electricity is eliminated, and the high-speed rotation can be enhanced.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

PARTIAL TRANSLATION OF JAPANESE UNEXAMINED PATENT
PUBLICATION (Kokai) NO. 2001-214937 (Reference 6)

(For bibliographic dates and summary, please refer to English abstract.)

[SCOPE OF CLAIM FOR PATENT]

[Claim 1] A bearing ball made of zirconium oxide characterized in that the bearing ball comprises a conductivity imparting agent.

[Claim 2] The bearing ball according to claim 1 characterized in that the conductivity imparting agent is at least one carbide of IVa, Va, VIa, VIIa group element.

[Claim 3] The bearing ball according to claim 1 or 2 characterized in that the conductivity imparting agent is at least one carbide of tantalum, chromium, zirconium, hafnium, manganese, niobium, titanium, tungsten, and molybdenum.

[Claim 4] The bearing ball according to any one of claims 1 to 3 characterized in that the bearing ball has a resistivity of 10^6 to $0.1 \Omega\text{-cm}$.

[Claim 5] The bearing ball according to any one of claims 1 to 4 characterized in that the conductivity imparting agent is comprised in an amount of 35 vol% or less.

[Claim 6] The bearing ball according to any one of claims 1 to 5 characterized in that the conductivity imparting agent present at the surface part of the bearing ball.

[Claim 7] The bearing ball according to claim 6 characterized in that the conductivity imparting agent at the surface part has a particle size of at most $10 \mu\text{m}$.

[Claim 8] The bearing ball according to any one of claims 1 to 7 characterized in that yttrium oxide is comprised as a stabilizer.

[Claim 9] A bearing comprising the bearing ball according to any one of claims 1 to 8.

[Claim 10] A bearing comprising the bearing ball made of zirconium oxide having an electric resistivity 10^6 to $0.1 \Omega\text{-cm}$, and a rotation axis member and/or ball-receiving member made of a bearing metal.

[Claim 11] A motor comprising the bearing according to claim 10.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0033]

The bearing ball of the present invention can be produced by intimately mixing a zirconium oxide powder, a conductivity imparting agent powder, and sintering aids such as stabilizer in predetermined amounts; palletizing the obtained mixture; shaping the pellet; and sintering the shaped body.

[0039]

Though the sintering may be a mere sintering under normal pressure or elevated pressure, preferably two-step sintering, wherein hot isostatic press (HIP) is performed after the sintering under normal pressure or elevated pressure, is used.

[0040]

After sintering above, surface polishing is performed in order to obtain a surface roughness defined by JIS (Japanese Industrial Standards for a bearing ball).

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-214937

(P2001-214937A)

(43)公開日 平成13年8月10日(2001.8.10)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
F 1 6 C 33/32		F 1 6 C 33/32	3 J 1 0 1
C 0 4 B 35/00		C 0 4 B 35/48	C 4 G 0 3 0
35/48		G 1 1 B 19/20	C 4 G 0 3 1
// G 1 1 B 19/20		C 0 4 B 35/00	H

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願2000-26151(P2000-26151)

(22)出願日 平成12年2月3日(2000.2.3)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 池田 功

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 武浪 幸宏

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社東芝横浜事業所内

(74)代理人 100083161

弁理士 外川 英明

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 酸化ジルコニウム製ベアリングボールおよびそれを用いたベアリング部材並びにモータ機器

(57)【要約】

【課題】 ハードディスクドライブ等の電子機器用ベアリング部材に適用した際、静電気による不具合を無くし信頼性のある安定した高速回転を為し得るためのベアリングボールおよびそれを用いたベアリング部材並びにモータ機器を提供する。

【解決手段】 導電性付与部材、例えば4 a 族, 5 a 族, 6 a 族, 7 a 族元素の少なくとも1種から炭化物を含有させた酸化ジルコニウム製ベアリングボール。また、ベアリングボール表面の導電性付与部材の含有量または最大径を制御することにより、電気抵抗値制御し静電気による不具合並びに高速回転性を向上させる。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 導電性付与部材を含有したことを特徴とする酸化ジルコニウム製ベアリングボール。

【請求項 2】 該導電性付与部材が 4 a 族、5 a 族、6 a 族、7 a 族の少なくとも 1 種の炭化物であることを特徴とする請求項 1 記載の酸化ジルコニウム製ベアリングボール。

【請求項 3】 該導電性付与部材がタンタル、クロム、ジルコニウム、ハフニウム、マンガン、ニオブ、チタン、タングステン、モリブデンの少なくとも 1 種の炭化物であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の酸化ジルコニウム製ベアリングボール。

【請求項 4】 電気抵抗値が $10^6 \sim 0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ であることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載の酸化ジルコニウム製ベアリングボール。

【請求項 5】 該導電性付与部材が 35vol% 以下含有されていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の酸化ジルコニウム製ベアリングボール。

【請求項 6】 該導電性付与部材がベアリングボール表面に存在していることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれかに記載の酸化ジルコニウム製ベアリングボール。

【請求項 7】 表面に存在している該導電性付与部材の最大径が $10 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 6 に記載の酸化ジルコニウム製ベアリングボール。

【請求項 8】 安定化剤が酸化イットリウムであることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれかに記載の酸化ジルコニウム製ベアリングボール。

【請求項 9】 請求項 1 ないし請求項 8 のいずれかに記載の酸化ジルコニウム製ベアリングボールを用いたことを特徴とするベアリング部材。

【請求項 10】 電気抵抗値が $10^6 \sim 0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ である酸化ジルコニウム製ベアリングボールを用いると共に、回転軸部材またはおよびボール受け部が軸受鋼であることを特徴とするベアリング部材。

【請求項 11】 請求項 10 記載のベアリング部材を用いたことを特徴とするモータ機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は酸化ジルコニウム製ベアリングボール、およびそれを用いたベアリング部材並びにモータ機器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、ハードディスクドライブ (HDD) 等の磁気記録装置、光ディスク装置または DVD、各種ゲーム機器などの発達は目覚ましいものがある。これらは通常、スピンドルモータ等の回転駆動装置により回転軸を高速回転させることにより各種ディスクドライブを機能させている。

【0003】 従来、このような回転軸を支えるベアリン

グ (軸受) 部材、特にベアリングボールには軸受鋼等の金属が用いられていた。しかしながら、軸受鋼等の金属は耐摩耗性が十分ではないことから、例えば電子機器等のように 5,000rpm 以上の高速回転が要求される分野においては寿命のパラツキが大きく信頼性のある回転駆動を提供できずにいた。

【0004】 このような不具合を解決するために近年はベアリングボールに窒化珪素を用いることが試みられるようになっていた。窒化珪素はセラミックスのなかでも摺動特性に優れることから耐摩耗性は十分であり、高速回転を行ったとしても信頼性のある回転駆動を提供することができていることが確認されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、窒化珪素製ベアリングボールは電氣的に絶縁物であることから高速回転を行った際に発生する静電気を軸受鋼等の金属部材により作製された回転軸部材、ボール受け部 (いわゆるベアリングボール以外のベアリング部材の構成要素) に上手く静電気が発散されないと問題が発生してしまうことが分かった。このように静電気が上手く発散されず必要以上に帯電してしまうと電子機器、例えばハードディスクドライブ等のように磁気的信号を用いる記録媒体に悪影響を与えてしまい、その結果ハードディスク等の電子機器そのものを破壊してしまうと言った現象が起きていた。

【0006】 また、別の問題では、電子機器例えば携帯用パソコン、電子手帳、各種モバイル製品等は年々小型化、携帯化されており、そこに用いるハードディスクも年々高容量化、小型化の要望が強くなっている。このような高容量化、小型化に対応するために搭載されるモータ機器においてさらなる高速回転化が行われており、将来的には約 10,000rpm 程度以上の高速回転が実現化されようとしている。

【0007】 通常、このようなモータ機器の高速回転を支えているのは回転軸部材、ベアリングボール部、ボール受け部からなるベアリング (軸受) 部材であり、その過大な圧力は実質的にベアリングボールに集中することになる。従来の窒化珪素製ベアリングボールは破壊靱性値が低いことから高速回転を長時間行った際にベアリングボール自体が破壊され易いと言った問題が起きていた。また、電子機器の携帯化により頻繁に電子機器そのものを移動 (持ち運び) させながら使用することが多くなっており、当然、その移動に伴い微妙な振動が軸受部材に伝わりこととなり破壊靱性値の低い窒化珪素ではその振動を上手く吸収できないことから安定した回転駆動を提供できないと言った問題も起きていた。

【0008】 さらに、前述のように高速回転が行われるとベアリングボールは摺動により加熱される。このとき窒化珪素製ベアリングボールでは線膨張係数が回転軸部やボール受け部を構成する軸受鋼、例えば SUJ2 とは大き

く異なるため、熱膨張に伴う非同期フレが生じてしまい、この点からも高速回転を長時間行うことに対しての対応は十分ではなかった。

【0009】本発明は上記したような問題を解決するためになされたものであって、安定した高速回転を実現し、表面部に導電性部を所定量設けることにより必要以上の静電気の帯電を防止することができるためハーディディスクドライブ等の電子機器を回転駆動させるためのベアリング部材に適したベアリングボール、並びにそのベアリングボールを用いたベアリング部材およびモータ

10 機器の提供を目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明のベアリングボールは、セラミックスの中でも特に破壊靱性値の高い酸化ジルコニウムを主成分とし、導電性付与部材を含有させその電気抵抗値を $10^6 \sim 0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ とすることを特徴とする。

【0011】さらに、電気抵抗値（比抵抗値）を調整する導電性付与部材として、周期律表4a族、5a族、6a族、7a族元素の少なくとも1種からなる炭化物、例えばタンタル(Ta)、クロム(Cr)、ジルコニウム(Zr)、マンガン(Mn)、ハフニウム(Hf)、ニオブ(Nb)、チタン(Ti)、タングステン(W)、モリブデン(Mo)の少なくとも1種の炭化物を含有させることが好ましく、その含有量を35vol%以下とすることが好ましい。また、該炭化物は酸化ジルコニウム製ベアリングボール中に分散されていれば特に問題はないが、好ましくはベアリングボール表面に存在する形態であり、その最大径は $10 \mu\text{m}$ 以下が好ましい。

【0012】さらに、通常、高強度の酸化ジルコニウムを得るためには安定化剤が必要である。このときの安定化剤として酸化イットリウムを使用したものが好ましい。

【0013】このような酸化ジルコニウム製ベアリングボールを回転軸部材およびボール受け部と組合せてベアリング部材を構成する。このとき、回転軸部材または／およびボール受け部が例えばSUJ2等の軸受鋼で形成されたものである場合が特に信頼性のある高速回転を実現でき、このようなベアリング部材を用いたモータ機器は長時間に渡る連続稼動を安定して得ることができる。

【0014】本発明の酸化ジルコニウム製ベアリングボールは、電気抵抗値を制御することにより、例えば電子機器モータ等に用いた場合に静電気による不具合をなくすと共に、酸化ジルコニウム本来の耐摩耗性、線膨張係数、破壊靱性値などを損なわないように導電性付与部材の量や大きさを特定したものである。また、このようなベアリングボール、それを用いたベアリング部材並びにモータ機器を用いることにより各種電子機器において信頼性のある高速回転を実現するものである。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の酸化ジルコニウム製ベアリングボール並びにそれを用いたベアリング部材並びにモータ機器の実施の形態について説明する。

【0016】本発明のベアリングボールは酸化ジルコニウムを主成分とするものである。酸化ジルコニウム自体は酸化物であることから絶縁性が高く、通常、電気抵抗値は 1×10^{12} 程度である。そのためこのままハードディスク等の電子機器に用いた場合静電気の除去が十分行われ難いために本発明では電気抵抗値が例えば $10^6 \sim 0.1 \Omega \cdot \text{cm}$ である酸化ジルコニウム製ベアリングボールとした。

【0017】ベアリングボールの形状としては真球状のものが一般的ではあるが、本発明においては円柱状、棒状であっても特に問題はない。

【0018】所定の電気抵抗値を得るためには、導電性膜を形成させることも有効であるがベアリングボールのように常に摺動する部材においては膜剥離などの問題も発生することから、導電性のある部材を導電性付与部材として含有させることが好ましい。この導電性付与部材としては、炭化物、窒化物、金属など酸化ジルコニウム製ベアリングボールの電気抵抗値を制御できるものであれば特に限定されるものではないが、例えば、周期律表4a族、5a族、6a族、7a族元素の少なくとも1種の炭化物が好ましく、その中でもタンタル、クロム、ジルコニウム、マンガン、ニオブ、チタン、タングステン、モリブデンなどの炭化物が最も好ましい。該炭化物は化学的に安定であり、耐熱性も優れることからベアリングボールが摺動した際に発生する熱による悪影響を受け難い。これら導電性付与部材の存在はAPMAやX線回折により分析可能である。

【0019】導電性付与部材、例えば炭化物の含有量としては35vol%以下が好ましく、さらに好ましくは10～25vol%である。電気抵抗値を所定の値にすることのみを考慮するのであれば35vol%以上含有させても特に問題はないが、あまり含有量が多くなりすぎると酸化ジルコニウム本来の耐摩耗性の良さ、靱性の良さ、線膨張係数が軸受鋼に近いと言った利点を得られなくなる。一方、含有量が10vol%未満であると電気抵抗値が所定の値を示し難いためあまり好ましくはない。

40 【0020】本発明の導電性付与部材の含有量vol%は、例えば単位面積 $100 \mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$ に相当する範囲を任意の3個所以上、好ましくは表面と断面を2個所ずつ合計4個所を測定し、その単位面積中に存在する導電性付与部材の面積比の平均値で特定する方法が有効である。

【0021】また、該導電性付与部材はベアリングボールの表面に存在する形態が好ましい。ここで「表面に存在する形態」とは、ベアリングボールの摺動面に該導電性付与部材が存在することであり、いわゆる該導電性付与部材が表面に剥き出しになっている状態のことであ

50 る。

【0022】前述のように酸化ジルコニウム自体は絶縁物であることから電気抵抗値は高く、例えばハードディスク等の電子機器に用いると静電気による不具合を抑制できない。これに対して本発明では導電性付与部材を所定量含有させることにより所定の電気抵抗値を得ることにより静電気等の不具合を無くすものである。このような所定の電気抵抗値を有していれば静電気による不具合を無くすことは可能であるが、より効果的には該炭化物等の導電性付与部材をベアリングボール表面に存在させた形態である。

【0023】ベアリングボールの表面に導電性付与部材である炭化物等を存在させる形態とすることにより、ベアリングボール表面の摺動により発生する静電気がベアリングボール表面の導電性付与部材を通してベアリング部材の回転軸部材やボール受け部に効果的に逃げるためハードディスク等に悪影響を与えるほどの静電気の帯電を防ぐことがより可能となる。

【0024】さらにベアリングボール表面に存在する該炭化物等の導電性付与部材の最大径は $10\mu\text{m}$ 以下が好ましく、さらに好ましくは $5\mu\text{m}$ 以下である。導電性付与部材がベアリングボールの表面に存在する場合、この導電性付与部材も当然摺動面の一部として存在している。従って、この導電性付与部材にもある程度の耐摩耗性は要求されることになるため前述のような炭化物が好ましい。

【0025】一方、耐摩耗性と言う観点からするとあまりベアリングボールの表面に存在する導電性付与部材のサイズが大きすぎると酸化ジルコニウム本来の耐摩耗性の良さがいかされなくなることから前述の最大径の範囲内であることが好ましい。また、ベアリングボールの表面に存在する導電性部の最大径があまり小さすぎると静電気の帯電防止の効果がやや薄くなると共に摺動時に脱粒する恐れもあることから最大径は $0.5\mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、最終的にはベアリングボールの表面に存在する導電性付与部材の最大径は $0.5\sim 3\mu\text{m}$ が最も好ましい範囲となる。

【0026】なお、本発明におけるベアリングボールの表面に存在する導電性付与部材の最大径とは各導電性付与部材の拡大写真においての最大長さを直線距離で示したものである。最大径の測定においては、通常、所定サイズの導電性付与部材を酸化ジルコニウム粉末と均一に混合して製造することから、単位面積 $100\mu\text{m}\times 100\mu\text{m}$ に相当する面積を任意の3箇所調べた中で最も大きいサイズの導電性付与部材の最大長さを最大径とする方法を簡易的に用いてもよいこととする。

【0027】また、拡大写真を見たとき、導電性付与部材どうしが凝集し見掛け上一つの粒子のようにになっていることがある。本発明においては、このような凝集粒子も一つの粒子とみなすものとする。従って、最大径 $10\mu\text{m}$ 以下とは凝集した粒子も含めて最大径が $10\mu\text{m}$ 以下で

あることを意味するものである。

【0028】ここまでは導電性付与部材について説明をしているが、本発明の酸化ジルコニウムには他の成分、例えば安定化剤や焼結助剤などを別途含有させてよいことは言うまでもない。焼結助剤としては一般的に使用されているものでよく、酸化イットリウムなどの希土類化合物、酸化マグネシウムなどの金属酸化物が好適であり、その添加量も特に限定されるものではないが $15\text{mol}\%$ 以下が好ましく、ベアリングボールのように摺動部材においては熱的に安定性のある酸化ジルコニウムを得易い酸化イットリウムを安定化剤として用い、その含有量を $2\sim 7\text{mol}\%$ とすることが好ましい。

【0029】このような形態の酸化ジルコニウム製ベアリングボールであれば酸化ジルコニウム本来の耐摩耗性や破壊靱性の高さ、線膨張係数が金属に近いという利点を損なうことがない。従って、このような本発明の酸化ジルコニウム製ベアリングボールは、例えばハードディスクドライブなどの電子機器に用いた場合に静電気の帯電による不具合は発生しないこととなる。

【0030】このときベアリング部材を構成する回転軸部材または／およびボール受け部がJIS-G-4805で規定されたSUJ2などの軸受鋼で形成されていると信頼性のある高速回転を得易い。前述のように酸化ジルコニウムは軸受鋼と線膨張係数が近似している。モータ機器を高速回転した際にはその摺動によりベアリング部材は加熱される。このときベアリングボールと回転軸部材またはおよびボール受け部を構成する材質と線膨張係数の差があまり大きいと熱歪（非同期フレ）が発生してしまい安定して信頼性のある高速回転を実現し難くなる。従って、本発明のように線膨張係数が軸受鋼に近似した酸化ジルコニウムを主成分としたベアリングボールを用いることにより熱歪による悪影響を抑制することが可能となる。

【0031】なお、本発明におけるモータ機器は、例えば、ハードディスクドライブを搭載した磁気記録装置、光ディスク装置、DVD、各種ゲーム機器などの回転駆動を伴う各種機器に適用されるものであると共に、いわゆる旋盤加工機などの工作機械のモータ機器全般に適用可能なものである。

【0032】製造方法については特に限定されるものではないが、例えば次のような方法がある。

【0033】まず、酸化ジルコニウム粉末、安定化剤などの焼結助剤、導電性付与部材粉末を所定量均一混合し、造粒を行った後、成形体を形成し、焼結する方法である。

【0034】原料粉としては、酸化ジルコニウムまたは焼結助剤は平均粒径 $0.2\sim 3\mu\text{m}$ 程度が好ましく、導電性付与部材粉末は前述のように焼結後に最大径 $10\mu\text{m}$ 以下になる範囲のものがよい。

【0035】また、前述のように最大径の測定を簡易化するために平均粒径のバラツキが少ない粉末、例えば標

準偏差 $1.5\mu\text{m}$ 以下の粉末を用いることがよい。さらに、ベアリングボールとしての摺動特性を損なわないためには、所定サイズを満たしていたとしてもウイスキーや繊維を用いるのではなく粒子状粉末を用いた方が好ましい。ウイスキーや繊維は、その形状からトゲのような凸部を表面に有していることからベアリングボールのような摺動部材には望ましくはない。従って、導電性付与部材粉末としては、最大径 $10\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $5\mu\text{m}$ 以下である粒子状粉末が望ましい。

【0036】成形方法に関しては、窒化珪素製ベアリングボールを製造するための方法が適用可能である。例えば、静水圧成形(CIP)が可能であり、より強度を高めるのであれば特に継続的に2回以上静水圧成形を行う方法などが適用できる。

【0037】別の成形方法を述べると、導電性付与部材を表面に存在させる形態が望ましいことから例えば次のような方法もある。例えばベアリングボールの表面から半径の $1/3$ の部分により導電性付与部材を存在させるために、予め半径の $1/3$ から $3/3$ (中心部)に相当する量の酸化ジルコニウム粉末と必要により焼結助剤を添加し成形する。その後、導電性付与部材粉末を混合した原料粉を転動造粒法により成形する。

【0038】このような方法によれば導電性付与部材粉末が混入した表面層と混入していない中心層を形成することができる。また、このような方法によれば結果的に静水圧成形を継続的に2回行うことになり成形体の気孔などの形成量を抑えることができる。この観点からすると静水圧成形は2回、もしくは2回以上行うことにより、より特性の良いベアリングボールが得られると言える。

【0039】焼結方法においては、常圧焼結、加圧焼結のみであっても特に問題はないが、常圧焼結、加圧焼結を行った後に熱間静水圧プレス(HIP)を行う2段階焼結が好ましい。特に、焼結時に形成された気孔をHIP処理によりふさがることが可能となるためベアリングボールとしての摺動特性が向上すると共に、表面に存在する導電性付与部材をより表面に固着することができるため導電性付与部材の脱粒を防ぐことが可能となる。

【0040】以上のような焼結工程を経た後、ベアリングボールとしてJIS規格により定められた表面粗さを得るための表面研磨を行う。このとき所定の表面粗さを得ると共に導電性付与部材の最大径を $10\mu\text{m}$ 以下にするよう研磨工程を制御することが好ましい。

【0041】

【実施例】実施例1～6、比較例1～2

導電性付与部材として平均粒径 $1.5\mu\text{m}$ の炭化ニオブ粉末、焼結助剤として平均粒径 $1.5\mu\text{m}$ の酸化イットリウム粉末を3mol%、残部平均粒径 $0.5\mu\text{m}$ の酸化ジルコニウム粉末を均一混合し、CIP成形法、不活性雰囲気中 $1350\sim 1680^\circ\text{C}$ 常圧焼結、続いて該常圧焼結より低い温度

でHIP焼結を行い表1に示した酸化ジルコニウム製ベアリングボールを作製した。ベアリングボールは直径 2mm であり、表面粗さはグレード3のものとした。また、ベアリングボール表面に存在する導電性付与部材の最大径は $3\mu\text{m}$ であった。

【0042】各ベアリングボールに対して、電気抵抗値、線膨張係数、破壊靱性値を測定した結果を表1に示した。電気抵抗値はベアリングボールの上下をラップ加工し同一平面状に2ヶ所電極を設置し、室温にてその間の抵抗を絶縁抵抗計で測定した。破壊靱性値は該ラップ加工を施した試料を使いJIS-R-1607に基づくIF法により測定した。線膨張係数はJIS-C-2141に基づいた測定を実施するために各実施例と同様の方法により $3\times 3\times 10\text{mm}$ の四角柱状の試験片を作製することにより対応した。

【0043】なお、比較のために導電性付与部材を含有させないこと以外は実施例1と同じ酸化ジルコニウム製ベアリングボールを比較例1、窒化珪素製ベアリングボールを比較例2とした。

【0044】

【表1】

	導電性付与部材の含有量(vol%)	電気抵抗値($\Omega\cdot\text{cm}$)	線膨張係数($/^\circ\text{C}$)	破壊靱性値(MJ/m^2)
実施例1	5	1×10^4	10.2×10^{-6}	9.7
実施例2	10	2×10^4	9.8×10^{-6}	9
実施例3	15	7×10^2	9.7×10^{-6}	8.5
実施例4	20	1×10^3	9.7×10^{-6}	8.3
実施例5	35	3×10	9.3×10^{-6}	6.9
実施例6	40	0.1以下	9.0×10^{-6}	6.5
比較例1	0	10^{10} 以上	11×10^{-6}	10
比較例2	0	10^{10} 以上	4×10^{-6}	5.8

【0045】表1から分かる通り本発明の酸化ジルコニウム製ベアリングボールは、電気抵抗値が適度な値を示すと共に、線膨張係数および破壊靱性値も導電性付与部材である炭化ニオブを含有していない比較例1に近い値を示している。

【0046】一般に、軸受鋼の線膨張係数は例えば $12\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 前後であるため線膨張係数の近い本発明のベアリングボールは、回転軸部材またはおよびボール受け部が軸受鋼で形成されたベアリング部材に特に有効であることが分かる。

【0047】一方、導電性付与部材を添加しない比較例1および比較例2は共に電気抵抗値 $10^{10}\Omega\cdot\text{cm}$ 以上の高い絶縁性を示した。

【0048】実施例7～14

導電性付与部材を表2に示した材質に変えた以外は実施例4(導電性付与部材の含有量20vol%)と同じ酸化ジルコニウム製ベアリングボールを作製し、同様に電気抵抗値、線膨張係数、破壊靱性の測定を行った。

【0049】

【表2】

	導電性付与部材の材質	電気抵抗値 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	線膨張係数 ($1/^\circ\text{C}$)	破壊靱性値 (MN/m^2)
実施例4	NbC	1.0×10^2	9.7×10^{-6}	8.3
実施例7	TiC	0.8×10^2	9.6×10^{-6}	8.2
実施例8	WC	1.8×10^2	9.9×10^{-6}	7.7
実施例9	Mo_2C	1.4×10^2	9.9×10^{-6}	7.6
実施例10	TaC	1.8×10^2	10.0×10^{-6}	7.6
実施例11	Cr_3C_2	0.7×10^2	9.6×10^{-6}	8.0
実施例12	HfC	1.2×10^2	9.8×10^{-6}	7.9
実施例13	ZrC	1.1×10^2	9.9×10^{-6}	8.1
実施例14	Mn_3C	0.9×10^2	9.8×10^{-6}	7.8

【0050】表2から明らかなように導電性付与部材の材質を変えたとしても良好な結果が得られた。

【0051】実施例15～22

導電性付与部材として炭化ニオブの含有量を20vol%に統一し、酸化イットリウム3mol%含有させた酸化ジルコニウム製ベアリングボールを作製した。作製する際、添加する導電性付与部材の最大径を制御し、ベアリングボールの表面に最大径が表3に示すような値を示すものとなるよう作製した。なお、ベアリングボールの直径は2mm、表面研磨をグレード3とし、電気抵抗値は 1×10^2 であった。

【0052】各ベアリングボールに関し、回転軸部材とボール受け部を軸受鋼SUJ2からなる部材と組合せベアリング部材を作製した。このベアリング部材をスピンドルモータに組み込み、ハードディスクドライブ用モータ機器として使用した。

【0053】このモータ機器を回転速度8000rpmで100時間連続稼働させたときの静電気による不具合、並びに摺動特性（高速回転性）を調べた。

【0054】静電気による不具合はハードディスクドライブが静電気により通常の可動が行われなくなったものの有無を確認した。高速回転性については8000rpmで連続100時間回転させた際、最初の1時間時の摺動音を100とした場合に100時間後の摺動音の音の大きさの変化率で測定した。摺動音の変化率(%) = [(100時間後の摺動音 - 1時間後の摺動音) / 1時間後の摺動音] × 100。このような摺動音の変化を測定することにより、ベアリングボール以外の部分との熱歪に伴う非同期フレなどの不具合が分かる。

【0055】比較のために、導電性付与部材を含まない以外は実施例15と同様の酸化ジルコニウム製ベアリングボールを比較例3、導電性付与部材を含まない窒化珪素製ベアリングボールを比較例4とし同様の測定を行った。その結果を合せて表3に示す。

【0056】なお、ベアリングボール表面の導電性付与部材の最大径は単位面積 $100 \mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$ を任意の3箇所測定することにより対応した。

【0057】

【表3】

	ベアリングボール表面における導電性付与部材の最大径(μm)	静電気による不具合の有無	摺動音の変化率(%)
実施例15	なし	若干あり	3
実施例16	0.3	なし	5
実施例17	0.8	なし	3
実施例18	1.5	なし	5
実施例19	3	なし	5
実施例20	5	なし	8
実施例21	10	なし	10
実施例22	15	なし	16
比較例3	なし	あり	2
比較例4	なし	あり	20

【0058】表3から分かる通り、導電性付与部材をベアリングボール表面に存在させている実施例16～22のものは静電気による不具合はないことが分かった。導電性付与部材を含有しているもののベアリングボール表面に存在させていないもの、いわゆる摺動面がすべて酸化ジルコニウムからなる実施例15については、静電気による影響によりハードディスクが完全に可動しない状態になっていないものの若干の不具合が観測されたので不具合の有無を「若干あり」と記載した。

【0059】また、摺動音の変化をみてもおおむね10%以下と優れた数値を示している。これは線膨張係数が回転軸部およびボール受け部を形成する軸受鋼SUJ2に近いため高速回転を実施した際に発生する熱歪をうまく緩和しているためである。

【0060】なお、ベアリングボールの表面に存在する導電性付与部材の最大径が $10 \mu\text{m}$ より大きい実施例22は摺動音の変化率が16%とやや大きい値を示している。これは摺動面であるベアリングボール表面に存在する導電性付与部材のサイズが大きいため酸化ジルコニウム本来の線膨張係数が軸受鋼に近いという利点をいかしきれていないためであると考ええる。また、導電性付与部材の最大径が $0.5 \mu\text{m}$ より小さい実施例16は導電性付与部材が小さすぎて摺動中に脱粒し易くなってしまったため若干摺動音が大きくなってしまったものと考ええる。

【0061】一方、導電性部を有しない比較例3および比較例4は導電性付与部材が添加されていないことから静電気による不具合が起きてしまいハードディスクが起動しなくなってしまう。

【0062】以上の結果から本発明のように導電性付与部材として所定の炭化物等を含有させた酸化ジルコニウム製ベアリングボールはハードディスクドライブ等の機器に用いるベアリング部材並びにモータ機器に適用することにより静電気による不具合を無くすることが可能となることが分かった。

【0063】また、導電性付与部材の含有量、ベアリングボール表面での存在の有無、その存在時の最大径などを特定することにより酸化ジルコニウムが本来持つ軸受鋼と線膨張係数が近いとする利点を最大限にいかせるようになることが明らかとなった。このような観点からす

ると回転軸部材またはおよびボール受け部が軸受鋼であるベアリング部材に用いるとさらに有効であると言える。

【0064】

【発明の効果】本発明のように、酸化ジルコニウムを主成分とし、その表面に所定量の導電性付与部材を含有させることにより例えばハードディスクドライブのような電子機器用のベアリング部材またはモータ機器に適用すれば、静電気による不具合をなくすることが可能となる。

【0065】また、ベアリングボール表面に存在させる 10

導電性付与部材の最大径を工夫することにより摺動音の変化率を抑えることができる。従って、本発明の酸化ジルコニウム製ベアリングボールは、例えばハードディスクドライブ等の電子機器用のベアリング部材またはモータ機器に用いた場合には、静電気による不具合を改善できる。さらに、酸化ジルコニウムの線膨張係数が軸受鋼と近いという利点を十分にいかせるため安定かつ信頼性のある高速回転を提供することができ、そのようなベアリングボールを用いた電子機器は安定した性能を発揮することが可能となる。

フロントページの続き

(72)発明者 高尾 実

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 藤内 弘喜

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地
株式会社東芝京浜事業所内

Fターム(参考) 3J101 AA02 AA13 BA10 DA20 EA01
EA42 EA72 FA11 FA15 GA53
4G030 AA12 AA17 AA44 AA45 BA01
BA02 BA19 BA20 BA21 CA04
GA29 GA32
4G031 AA08 AA12 AA37 BA01 BA02
BA19 BA20 BA21 CA04 GA12
GA15